Vol.11, No.3, Fall 2022, pp.101-121 ISSN (Print):2322-1682 ISSN (Online):2383-3076

Journal of Geography and Environmental Hazards

RESEARCH ARTICLE DOI:10.22067/geoeh.2022.73769.1134 Open access

Evaluation of Dust Emission Potential of Geomorphology Classes in Ilam Province with an Emphasis on Land Use Change

Majid Ahmadi Molaverdi[a], Iraj Jabbari[b*], Amanollah Fathnia[c]

[a] *PhD in Geomorphology, Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Razi University, Kermanshah, Iran*
[b] *Associate Professor, Department of Geography, Geomorphology, Faculty of Literature and Humanities, Razi University, Kermanshah, Iran*
[c] *Assistant Professor, Department of Geography, Geomorphology, Faculty of Literature and Humanities, Razi University, Kermanshah, Iran*

Received: 21 November 2021 ***Revised: 18 January 2022*** ***Accepted: 18 February 2022***

Abstract

Dust entrainment, transport, and deposition are important geomorphic surface processes that have adverse environmental effects and consequences. Various natural environments are resistant to wind erosion until they lose their stability. When human activities change the stability of the geomorphic surfaces, areas prone to wind erosion and the potential for dust emission increases. This study tried to evaluate the dust emission potential of geomorphology classes in Ilam province with an emphasis on land use change. For this purpose, at first, the geomorphology map was produced based on the preferential dust sources (PDS) geomorphic classification scheme with a combination of remote sensing data and a number of thematic maps (lithology and soil). Then, using Landsat 7 (ETM +) and Landsat 8 (OLI) images, land use was extracted for 2000 and 2015, respectively. By comparing them, then, a land use change map was produced. Finally, the land use change map was overlaid on the geomorphology map to determine the status of land use change in each geomorphology class. The results showed that in Ilam province there are 6 classes of geomorphology based on the preferential dust sources (PDS) geomorphic classification scheme. In most of these classes, the most important change of land use that has taken place has been the change of land use from rangeland to agriculture. Although geomorphology classes of 2a, 3c and 7 have little potential for dust emission, land use change not only in these three classes but also in other geomorphology classes has increased the dust emission potential of geomorphology classes.

Keywords: Dust Emission Potential, Geomorphology, Land Use Change, Ilam Province

---

*. Corresponding author: Iraj Jabbari E-mail: iraj.jabbari@razi.ac.ir Tel: + 989188332017

How to cite this Article: Ahmadi-Molaverdi, M., Jabbari, I., & Fathnia, A. (2022). Evaluation of dust emission potential of geomorphology classes in Ilam province with an emphasis on land use change. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, *11*(3), 101-121.
DOI:10.22067/geoeh.2022.73769.1134

Geography and Environmental Hazards
Volume 11, Issue 3 - Number 43, Fall 2022
https://geoeh.um.ac.ir
https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.73769.1134

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال یازدهم، شمارۀ چهل و سوم، پاییز ۱۴۰۱، صص ۱۲۱-۱۰۱

مقاله پژوهشی

ارزیابی پتانسیل انتشار گردوغبار کلاس‌های ژئومورفولوژی استان ایلام با تأکید بر تغییر کاربری اراضی

مجید احمدی ملاوردی- دانش‌آموخته دکتری ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
ایرج جباری[1] – دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
امان اله فتح نیا- استادیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۸/۳۰ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۰/۲۸ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۱۱/۲۹

چکیده

برداشت، حمل و رسوب‌گذاری گردوغبار، فرایندهای سطحی ژئومورفیک مهمی هستند که آثار و پیامدهای زیست‌محیطی نامطلوبی برجای می‌گذارند. محیط‌های طبیعی مختلف تا وقتی‌که پایداری خود را از دست ندهند، در مقابل فرسایش بادی مقاوم هستند؛ اما وقتی فعالیت‌های انسان پایداری این سطوح ژئومورفیک را تغییر می‌دهد، مناطق مستعد فرسایش بادی بیشتر شده و پتانسیل انتشار گردوغبار افزایش یابد. در این پژوهش سعی شد پتانسیل انتشار گردوغبار کلاس‌های ژئومورفولوژی استان ایلام با تأکید بر تغییر کاربری اراضی ارزیابی شود. بدین منظور در ابتدا نقشه ژئومورفولوژی بر اساس طرح طبقه‌بندی ژئومورفیک خاستگاه‌های گردوغبار ترجیحی (PDS) و با ترکیبی از داده‌های سنجش‌ازدور و تعدادی نقشه موضوعی (سنگ‌شناسی و خاک) تهیه گردید. سپس با استفاده از تصاویر لندست ۷ (سنجنده ETM^+) و لندست ۸ (سنجنده OLI) کاربری اراضی به ترتیب برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ استخراج و با مقایسه آن‌ها، نقشه تغییر کاربری اراضی تهیه شد. سرانجام نقشه تغییر کاربری اراضی بر روی نقشه ژئومورفولوژی انطباق داده شد تا وضعیت تغییر کاربری در هر کلاس ژئومورفولوژی مشخص گردد. نتایج نشان داد در استان ایلام ٦ کلاس ژئومورفولوژی بر اساس طرح طبقه‌بندی ژئومورفیک خاستگاه‌های

[1] نویسنده مسئول: ۰۹۱۸۸۳۳۲۰۱۷ Email: iraj.jabbari@razi.ac.ir

نحوه ارجاع به این مقاله:

احمدی ملاوردی، مجید؛ جباری، ایرج؛ فتح نیا، امان اله. (۱٤۰۱). ارزیابی پتانسیل انتشار گردوغبار کلاس‌های ژئومورفولوژی استان ایلام با تاکید بر تغییر کاربری اراضی. جغرافیا و مخاطرات محیطی. ۱۱(۳). صص ۱۲۱-۱۰۱
https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.73769.1134

گردوغبـار ترجیحی (PDS) وجود دارد. در اکثر این کلـاس‌هـا مهم‌ترین تغییر کاربری که صـــورت‌گرفته اســت، تغییر کاربری از مرتع به کشاورزی بوده است. هرچند ازنظر ژئومورفولوژی سطوح آبرفتی پرشیب، درشت‌دانه و برش‌یافته (۲a)؛ سطوح آبرفتی کم شیب، ریزدانه و برش‌یافته (۳c) و سطوح با انتشار کم (۷) پتانسـیل کمی در انتشـار گردوغبار دارند، اما تغییر کاربری اراضـی نه‌تنها در این سـه کلاس، بلکه در سایر کلاس‌های ژئومورفولوژی باعث شـده اسـت پتانسـیل انتشـار گردوغبار کلاس‌های ژئومورفولوژی افزایش یابد.

کلیدواژه‌ها: پتانسیل انتشار گردوغبار، ژئومورفولوژی، تغییر کاربری اراضی، استان ایلام.

۱- مقدمه

برداشــت، حمل و رســوب‌گذاری گردوغبار، فرایندهای سـطحی ژئومورفیک[1] مهمی هســتند که آثار و پیامدهای زیســت‌محیطی نامطلوبی برجای می‌گذارند (شــین – فا[2] و همکاران، ۲۰۰۱؛ می[3] و همکاران، ۲۰۰۸). به‌طورکلی در مناطق مختلف، عوامل متعددی پتانسـیل تولید گردوغبار را افزایش و باعث انتشار آن به داخل جو می‌شوند که شامل: نوع خاک، رطوبت خاک، خاک بدون پوشـش، تثبیت ضـعیف ذرات خاک و عدم تراکم و سله بستن رسوبات، زبری سـطح، سـاختار خاکدانه‌های خاک‌های سـطحی، تأثیر کوهســتان (باد فون)، شـرایط هوایی خشک، پوشش گیاهی و پراکندگی آن، ســیســتم هوای محلی و بیرونی، گرمایش و ســرمایش زمین، بارش کوتاه‌مدت، وسـعت جنگل‌زدایی، خشـکسـالی‌های بلندمدت، تغییرات کاربری زمین و فعالیت‌های انسانی (مهار آب‌های سطحی و برداشت بی‌رویه از آن، ایجاد سـدها و انحراف مسـیر رودخانه)، بارندگی ناکافی، سرعت زیاد باد برای غلبه بر سرعت آستانه اصطکاک، اندازه و قطر ذرات (وجود رسـوبات ریزدانه به‌اندازه سـیلت) و افزایش فرکانس عبور امواج کوتاه و سـریع باد است (احمدی ملاوردی[4] و همکاران، ۲۰۲۱؛ راشــخی[5] و همکاران ۲۰۲۱؛ هوانگ[6] و همکاران، ۲۰۰۶؛ کیو[7] و همکاران، ۲۰۰۶؛ میری[8] و همکاران، ۲۰۰۹؛ طائی سمیرمی و همکاران، ۱۳۹۲؛ انگلستیتر[9] و همکاران، ۲۰۰۶).

علاوه بر موارد ذکر شــده، یکی از عواملی که منجر به تولید گردوغبار می‌شــود ژئومورفولوژی اســت. این عامل ازآنجاکه ذخیره و موجودی رسوبات کانون‌های گردوغبار را تعیین می‌کند؛ لذا به‌شدت، انتشار گردوغبار را تحت‌تأثیر

1 Geomorphic Surface Processes
2 Xin-fa
3 Mei
4 Ahmadi-Molaverdi
5 Rashki
6 Huang
7 Qu
8 Miri
9 Engelstaedter

قرار می‌دهد (پاراجولی[۱] و همکاران، ۲۰۱٤ و بادوک[۲] و همکاران، ۲۰۱٦). باتوجه‌به عوامل ذکر شـــده می‌توان نتیجه گرفت که درارتباط‌با پیدایش پدیده گردوغبار نه‌تنها عوامل طبیعی بلکه عوامل انســانی نیز مؤثر هســتند. فعالیت‌های نامناسـب انسـانی منجر به بیابان‌زایی[۳] می‌شــود که امروزه در روند روبه‌رشـد و فراوانی و شدت توفان‌های گردوغبار نقش عمده‌ای دارد. به‌عنوان نمونه ۳۹ درصــد از خاســتگاه‌های گردوغباری که از ســال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۲ در عراق و ســوریه شـناسایی‌شده است، در مناطقی قرار دارد که تازه توسط انسان به بیابان تبدیل شده‌اند (مریدنژاد[٤] و همکاران، ۲۰۱٥). بیابان‌زایی در شـــمال چین نیز به‌طور قابل‌توجهی باعث افزایش گردوغبار شـــده اســـت (وانگ[٥] و همکاران، ۲۰۲۱؛ ژوانگ[٦] و همکاران، ۲۰۰۱). نتیجه این نوع فعالیت‌های نامناسب انسان در طبیعت، در تغییر و تخریب سطوح ژئومورفیک[۷] ظاهر می‌شــود. ازآنجایی‌که ژئومورفولوژی محلی بر روی شــرایط ســطحی ازجمله نوع خاک، بافت و ترکیبات موجود در آن تأثیر دارد لذا با تغییر سطوح ژئومرفولوژی شرایط برای تسریع فرایند بادی و انتشار گردوغبار فراهم می‌گردد (مولین و چیاپلو[۸]، ۲۰۰٦؛ مانک ســیســـک[۹] و همکاران ۲۰۱۷؛ فیلیپ[۱۰] و همکاران، ۲۰۱۷؛ وب[۱۱] و همکـاران، ۲۰۱٤، راوی[۱۲] و همکـاران،۲۰۱۰؛ وانـگ و همکاران،۲۰۱۷؛ وارد[۱۳] و همکاران، ۲۰۱٤). ازاین‌رو می‌توان گفت تا وقتی‌که محیط‌های طبیعی مختلف پایداری خود را از دســت ندهند در مقابل فرسایش بادی مقاوم هستند؛ اما وقتی فعالیت‌های انســان پایداری سطوح ژئومورفیک را تغییر می‌دهد مناطق مستعد فرسایش بادی ممکن است بیشتر شده و انتشار گردوغبار ناگهان افزایش یابد.

در مقیـاس منطقـه‌ای یکی از منـاطق مهم تولید گردوغبار که در ســـال‌های اخیر فراوانی و شـــدت فعالیت‌های گردوغبار در آنجا افزایش چشـــمگیری داشــته اســت بخش‌هایی از خاورمیانه، عربســتان و مرکز و جنوب غرب آسیا هســـت (برومنـدی[۱٤] و همکـاران، ۲۰۲۱؛ بلورانی[۱٥] و همکاران، ۲۰۲۰؛ کلینگ مولر[۱٦] و همکاران، ۲۰۱٦؛ نوتارو[۱۷]، ۲۰۱٥؛ راشـخی، ۲۰۱٤) این افزایش علاوه بر دلایل طبیعی، به نظر می‌رسـد که با تغییر کاربری و پوشــش اراضی در

---

1 Parajuli
2 Baddock
3 Desertification
4 Moridnejad
5 Wang
6 Zhuang
7 Geomorphic Surfaces
8 Moulin & Chiapello
9 Munkhtsetseg
10 Philip
11 Webb
12 Ravi
13 Ward
14 Broomandi
15 Boloorani
16 Klingmüller
17 Notaro

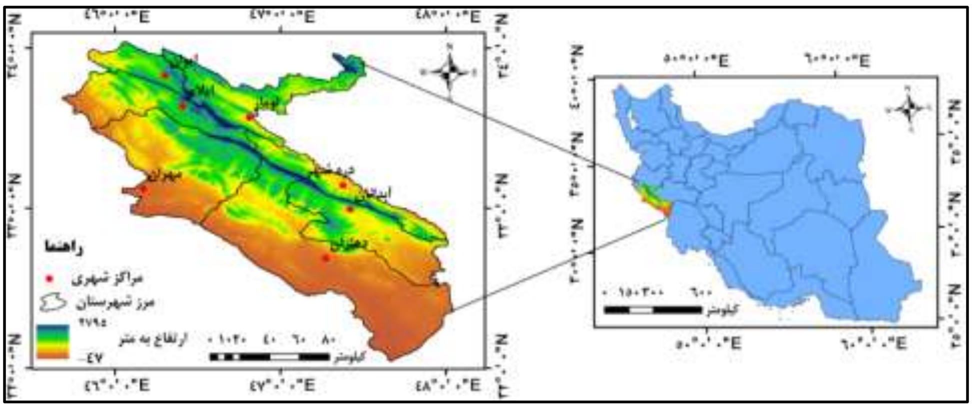
ارتباط باشـد و نواحی که بیشتـر مسـتعد بیابان‌زایی بوده‌اند تحت‌تأثیر گردوغبار قرار داشـته‌اند (حمیدی[1]، ۲۰۱۳). در کشـور ما نیز فراوانی وقوع پدیده گردوغبار در استان‌های غربی به‌ویژه استان ایلام در سال‌های اخیر روند روبه‌رشدی داشـــته اســـت (بـاغبـانـان و همکاران[2]، ۲۰۲۱؛ حمزه[3] و همکاران، ۲۰۲۱؛ بلورانی و همکاران، ۲۰۱٤؛ گریوانی[4] و همکاران، ۲۰۱۱؛ عزیزی و همکاران، ۲۰۱۲)؛ به‌نحوی‌که در اســـتان ایلام از ســـال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ حدود ۱۳۵۲ روز گردوغبار ثبت شده که ایستگاه‌های دهلران (۳۳۸) ایلام (۲۵۸) ایوان (۲۵٦) بالاترین تعداد روزهای همراه با گردوغبار را داشـته‌اند. میزان تعداد روزهای همراه با پدیده گردوغبار از سـال ۱۳٦۵ در شهر ایلام از ۲ روز به ۱۰۲ روز در سال ۱۳۸۹ رسـیده اسـت. در همین دوره زمانی در ایسـتگاه دهلران روزهای همراه با پدیده گردوغبار از ٤ روز به ۱۰۵ افزایش‌یافته است. تحلیل نقشه‌ها و آمارهای سازمان هواشناسی نشان‌دهنده این است که در استان ایلام تعداد روزهای همراه با پدیده گردوغبار و تعداد روزهایی همراه با رخداد غلظت بیش‌ازحد مجاز هوا، در طول سـه دهه گذشـته و تقریباً هرسال نسبت به سال‌های قبل بیشتر شده است (بوچانی و فاضلی، ۱۳۹۰). در استان ایلام از نظر ژئومورفولوژی شرایط مساعدی برای تولید گردوغبار و جود دارد. به‌عنوان‌مثال در بخش‌هایی از این استان فرایندهای رسوب‌گذاری و تراکم رســوب‌هـا و همچنین فراینـدهـای رودخانه‌ای حاکم اســت. ازآنجاکه چنین محیط‌هایی حاوی ســطوح ژئومورفیـک آبرفتی و رودخـانـه‌ای دارای ذرات ریز به‌اندازه گردوغبار هســتند بنابراین، این مناطق پتانســیل تولید گردوغبار را دارند (وانگ و همکاران، ۲۰۰٦). علاوه بر این در این استان فرایندهای بادی نیز وجود دارد که عمدتاً در غرب و جنوب غرب استان ایلام قرار دارد لذا در این مناطق نیز شرایط برای انتشار گردوغبار فراهم است. ازاین‌رو در این پژوهش سـعی شـده اسـت با استفاده از طرح طبقه‌بندی ژئومورفیک خاستگاه‌های گردوغبار ترجیحی[5] بولارد و همکاران (۲۰۱۱) پتانسیل کلاس‌های ژئومورفولوژی استان ایلام در انتشار گردوغبار ارزیابی شود؛ اما این طرح فقط با استفاده از پارامترهایی مانند رسوب‌شناسی، ویژگی‌های خاک، ذخیره و موجودی رسوب[6] پتانسیل انتشار گردوغبار در واحدهای مختلف ژئومورفولوژی را نشـان می‌دهد و وضـعیت پوشـش گیاهی و تغییر کاربری اراضـی در ارزیابی پتانسـیل انتشـار گردوغبار را نادیده گرفته اسـت. درصـورتی‌که این عامل یعنی تغییر کاربری اراضی می‌تواند پتانسیل انتشـار گردوغبار در هر منطقه را افزایش دهد. ازاین‌رو هدف این پژوهش این است که با دخالت این عامل، وضعیت تغییر کـاربری در هریـک از این کلاس‌های ژئومورفولوژی (که پتانســیل متفاوتی در تولید گردوغبار دارند) نیز مورد ارزیابی قرار گیرد و با نتایج حاصـل از ترکیب عوامل مختلف ژئومورفولوژی و تغییر کاربری اراضـی بتوان با دقت بالاتری به برآورد و پیش‌بینی انتشار گردوغبار در مناطق مختلف استان ایلام کمک کرد.

1 Hamidi
2 Baghbanan
3 Hamzeh
4 Gerivani
5 Preferential Dust Source (PDS)
6 Sediment supply and availability

۲- مواد و روش

۲-۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

استان ایلام در غرب کشور ایران، هم‌مرز با کشور عراق می‌باشد. این استان در منطقه‌ای کوهستانی و در حاشیه جنوب غربی رشته‌کوه‌های زاگرس قرار گرفته است. بخش اعظم مساحت استان در قسمت‌های شمالی و شمال شرقی را مناطق کوهستانی تشکیل داده است که با شیب‌های تند به دشت‌های هموار و کم ارتفاع در بخش‌های جنوبی و غربی استان منتهی می‌شوند. ارتفاع این دشت‌ها از ۳۰۰ متر کمتر است، اما با ارتفاعات مجاور حدود ۲۵۰۰ متر اختلاف ارتفاع دارند (شکل ۱). جریان‌های حاصل از بارش در ارتفاعات مذکور به‌صورت جریان‌های سطحی و یا چشمه وارد دشت‌های یاد شده می‌شود و پهنه‌های آبرفتی که بستر مناسبی را برای تولید گردوغبار فراهم می‌کنند را تشکیل می‌دهند البته در بین نواحی کوهستانی نیز پهنه‌های آبرفتی به چشم می‌خورد که در مقایسه با دشت‌های مناطق جنوب و غرب استان از گسترش و ضخامت کمتری برخوردارند. استان ایلام از نظر اقلیمی دارای آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. بیشترین میزان بارندگی در نواحی شمالی و شمال‌غربی و کمترین میزان بارندگی در محدوده جنوب و جنوب غربی استان تمرکز دارد. میزان بارندگی سالیانه استان در نقاط مختلف آن بین ۲۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر در نوسان است. میزان حداکثر و حداقل سالانه دما در این استان از ٤۵ درجه در گرم‌ترین نواحی جنوبی تا حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد زیر صفر در کوهستان‌ها متغیر است. وجود جنگل‌ها در شرق و شمال شرق استان موجب تعدیل دما و تا اندازه‌ای مهار آب‌های سطحی شده است در این نواحی به دلیل ارتفاع زیاد و کوهستانی بودن منطقه، اقلیم سرد حاکم است. درحالی‌که در غرب استان که پوشش گیاهی تنک و ارتفاع کمی دارد، اقلیم گرم و خشک حاکم می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان ایلام

۲-۲- روش انجام پژوهش

در این پژوهش برای شناسایی پتانسیل انتشار گردوغبار در مناطق مختلف استان ایلام، نخست نقشه ژئومورفولوژی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های پایه در محیط Arc GIS تهیه شد. در مرحله بعد کاربری اراضی موردنیاز بود که با استفاده از تصاویر لندست برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ کاربری اراضی با استفاده از نرم‌افزار ENVI 5.3 استخراج و با مقایسه آن‌ها، نقشه تغییر کاربری اراضی تهیه شد. سرانجام برای ارزیابی پتانسیل کلاس‌های ژئومورفولوژی در انتشار گردوغبار، نقشه تغییر کاربری اراضی با نقشه ژئومورفولوژی انطباق داده شد.

۲-۲-۱- تهیه نقشه کلاس‌های ژئومورفولوژی

برای تهیه نقشه ژئومورفولوژی استان ایلام، از طرح طبقه‌بندی ژئومورفیک کانون‌های گردوغبار ترجیحی (PDS) بولارد و همکاران (۲۰۱۱) استفاده شد. طرح کانون‌های گردوغبار ترجیحی از طریق ویژگی‌های خاک، رسوب‌شناسی، ذخیره و موجودی رسوب به طبقه‌بندی سطح زمین باتوجه‌به پتانسیل متفاوتشان در انتشار گردوغبار می‌پردازد. بر اساس این طرح سطوح ژئومورفولوژی خاصی از زمین نسبت به سطوح دیگر برای کانون گردوغبار دائمی‌تر و مطلوب‌تر هستند (بولارد و همکاران، ۲۰۱۱). هفت کلاس مختلف سطوح ژئومورفیک در طرح PDS وجود دارد که شامل: سیستم‌های دریاچه‌ای (۱) مانند دریاچه‌های فصلی و خشک (پلایا و کفه‌های سبخا)، رسوبات آبرفتی پرشیب مانند پدیمنت و مخروط‌افکنه (۲)، رسوبات آبرفتی کم شیب مانند دشت‌های آبرفتی، دشت‌های سیلابی و کانال‌های فصلی (۳)، سیستم‌های سنگی (٤)، سیستم‌های بادی مانند تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای (٥)، لس‌ها (٦) و سطوحی که انتشار کمی دارند مانند سنگ بستر (۷) هستند (جدول ۱).

در این طرح آمده است که دریاچه‌های خشک و فصلی، سطوح آبرفتی پرشیب، ریزدانه و برش نیافته بالاترین پتانسیل برای انتشار دائمی گردوغبار دارند. خاستگاه‌هایی که پتانسیل متوسطی دارند شامل سطوح آبرفتی کم شیب ریزدانه، پهنه‌های ماسه‌ای و بعضی از سیستم‌های تپه ماسه‌ای هستند. سطوح سنگی (مانند، سنگفرش بیابانی[1])، سطوح آبرفتی درشت‌دانه و سنگ بستر و دیروریکراست‌ها بعید به نظر می‌رسد منبع گردوغبار باشند. از مزیت‌های این طرح این است که داده‌های موردنیاز آن به‌سادگی قابل‌دسترس هستند و محل و محدوده واحدهای ژئومورفولوژیکی در آن با استفاده از سنجش‌ازدور ماهواره‌ای، عکس هوایی، نقشه‌های زمین‌شناسی، خاک و توپوگرافی و داده‌های میدانی به‌سادگی قابل‌تشخیص‌اند. این روش همچنین مقایسه انتشار گردوغبار در محیط‌های ژئومورفولوژیکی متنوع (مناطق مختلف) را تسهیل می‌کند.

1 Desert pavement

جدول ۱- طبقه‌بندی ژئومورفولوژی خاستگاه گردوغبار (بادوک و همکاران، ۲۰۱۱)

کلاس‌های اصلی ژئومورفولوژی	زیر کلاس‌های ژئومورفولوژی	کد	اهمیت انتشار گردوغبار
دریاچه	دائمی	1a	کم
	فصلی	1b	متوسط تا زیاد
	خشک – سفت و محکم شده	1c	کم
	خشک – سفت و محکم نشده	1d	متوسط تا زیاد
سیستم‌های آبرفتی پرشیب	درشت‌دانه و برش‌یافته	2a	کم
	درشت‌دانه و برش‌نیافته	2b	کم
	ریزدانه و برش‌یافته	2c	متوسط
	ریزدانه و برش‌نیافته	2d	متوسط تا زیاد
سیستم‌های آبرفتی کم شیب	درشت‌دانه و برش‌یافته	3a	کم
	درشت‌دانه و برش‌نیافته	3b	متوسط
	ریزدانه و برش‌یافته	3c	کم
	ریزدانه و برش‌نیافته	3d	متوسط
سطوح سنگی	سطوح سنگی	4	کم
سیستم‌های بادی	پهنه‌های ماسه‌ای	5a	کم تا متوسط
	تپه‌های ماسه‌ای بادی	5b	کم تا زیاد
لس‌ها	لس‌ها	6	کم تا متوسط
سطوح با انتشار کم	سطوح با انتشار کم	7	کم

برای تهیه نقشه کلاس‌های ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه از ترکیبی از داده‌های سنجش‌ازدور و تحلیل تصاویر لندست ۸ نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ از شرکت‌های عامل نفت ایران و سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران و نقشه ارزیابی منابع و قابلیت اراضی استان ایلام (مشخصات بافت خاک منطقه از این نقشه استخراج شده است) در محیط Arc GIS استفاده شد. داده‌های سنجش‌ازدور شامل تصاویر گوگل ارث، تصاویر رنگی واقعی لندست ۸ و مدل رقومی ارتفاعی (۳۰ متر) که نقشه منحنی میزان‌های ساده و نقشه ناهمواری‌ها از آن استخراج شده بود برای تمایز بین سطوح کم شیب و پرشیب و همچنین درجه برش سیستم‌های آبرفتی استفاده شد. بعد از تعیین حدود کلاس‌های ژئومورفولوژی، هر پولیگون به یکی از ۱۷ طبقه ژئومورفیک طبقه‌بندی شده (جدول ۱) توسط بولارد و همکاران (۲۰۱۱) بر اساس تفسیر نقشه‌های خاک و زمین‌شناسی و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای اختصاص داده شد.

۲-۲-۲- تهیه نقشه تغییر کاربری اراضی

برای تهیهٔ نقشهٔ کاربری اراضی، تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ (سنجندهٔ ETM^+) برای سال ۲۰۰۰ و لندست ۸ (سنجندهٔ OLI) برای سال ۲۰۱۵ از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا دریافت شد (جدول ۲).

جدول ۲- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده‌شده

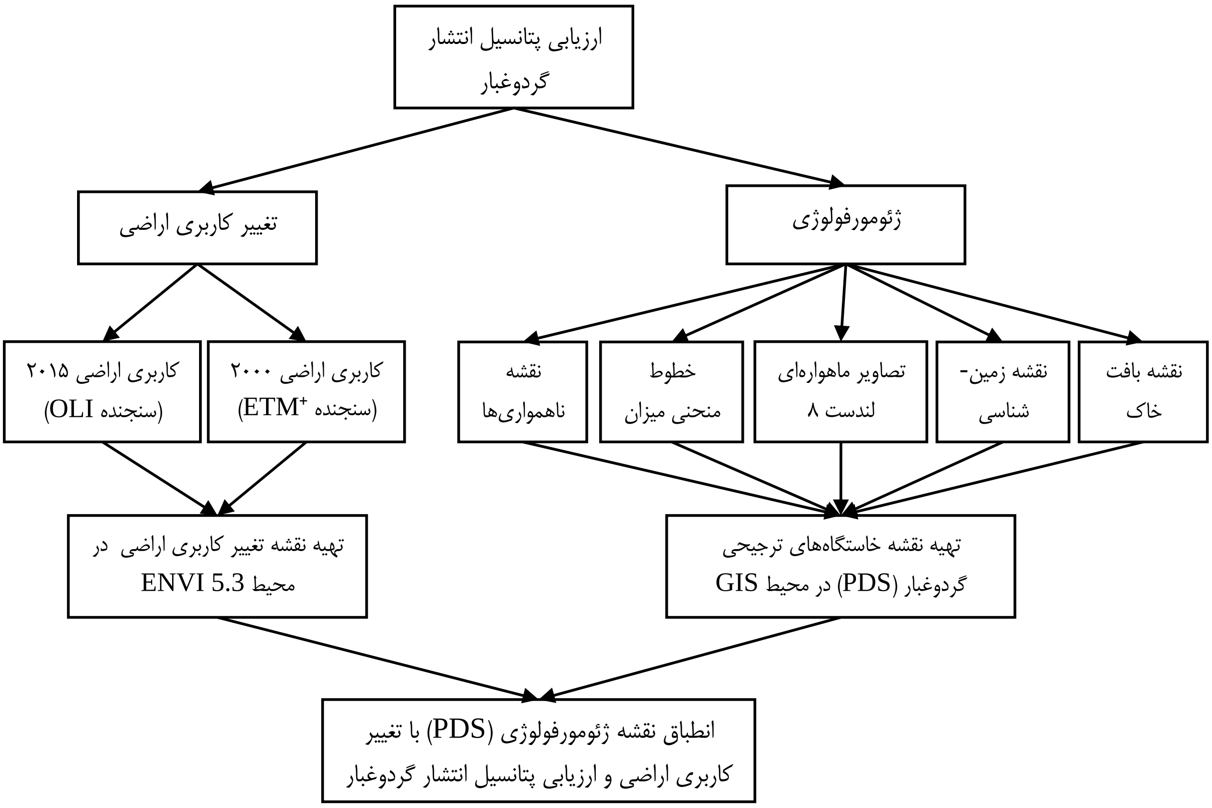
سال	ماهواره	سنجنده	قدرت تفکیک فضایی	تعداد تصاویر	تاریخ تصویر
۲۰۰۰	LANDSAT 7	ETM^+	۳۰	۳ تصویر	ماه ژوئن (خرداد) ۲۰۰۰
۲۰۱۵	LANDSAT 8	OLI	۳۰	۳ تصویر	ماه ژوئن (خرداد) ۲۰۱۵

به‌منظور استخراج طبقات کاربری اراضی در مرحله پیش‌پردازش در ابتدا خطاهایی که بر روی تصاویر خام وجود داشت، از قبیل خطاهای رادیومتری و اتمسفری با استفاده از الگوریتم QUAC[1] تصحیح گردید. لازم به ذکر است که بر روی این تصاویر، تصحیح هندسی صورت نگرفت زیرا در ایستگاه گیرنده تصحیح می‌شوند. سپس عمل فیوژن با باند پانکروماتیک انجام شد و قدرت مکانی تصاویر به ۱۵ متر افزایش پیدا کرد. در مرحله پردازش از روش طبقه‌بندی نظارت شده[2] تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد و بعد از استخراج نمونه‌های تعلیمی بر روی گوگل ارث (۳۵۹۳ نمونه آموزشی و ۱۳۳۸ نمونه آزمایشی)، با الگوریتم بیشینه مشابهت[3] در نرم‌افزار ENVI 5.3 طبقات کاربری اراضی جنگل، مرتع، کشاورزی و اراضی ساخته‌شده برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ استخراج شد. سرانجام برای تهیه نقشه تغییر کاربری اراضی دو نقشه کاربری اراضی تهیه شده برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ در محیط GIS به روش کدگذاری با هم مقایسه شدند و درمجموع هفت نوع تغییر کاربری اراضی ازجمله: جنگل به مرتع، جنگل به کشاورزی، مرتع به کشاورزی، جنگل به اراضی ساخته‌شده، مرتع به اراضی ساخته‌شده و کشاورزی به اراضی ساخته‌شده که در انتشار گردوغبار مؤثر هستند، استخراج گردید. نتایج حاصل از اعتبارسنجی ضریب کاپا و دقت کلی برای طبقه‌بندی‌های به کار گرفته شده نشان داد ضریب کاپا برای طبقه‌بندی سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ به ترتیب برابر ۰/۸۷ و ۰/۹۰ هست درحالی‌که شاخص دقت کلی به ترتیب برای این دو سال ۹٤/٦٤ و ۹٦/۱٦ بوده است.

۲-۲-۳- انطباق نقشه تغییر کاربری اراضی با نقشه ژئومورفولوژی

بعدازاینکه نقشه تغییر کاربری اراضی و نقشه ژئومورفولوژی تهیه شدند، در محیط Arc GIS این دو نقشه بر روی‌هم منطبق شدند و انواع و میزان تغییرات کاربری اراضی در هریک از کلاس‌های ژئومورفولوژی شناسایی شده در استان ایلام، مشخص گردید. روش کلی پژوهش به‌صورت نمودار در شکل ۲ ارائه شده است.

1 Quick Atmospheric Correction
2 Supervised Classification
3 Maximum Likelihood



شکل ۲- نمودار کلی روش پژوهش

۳- نتایج و بحث

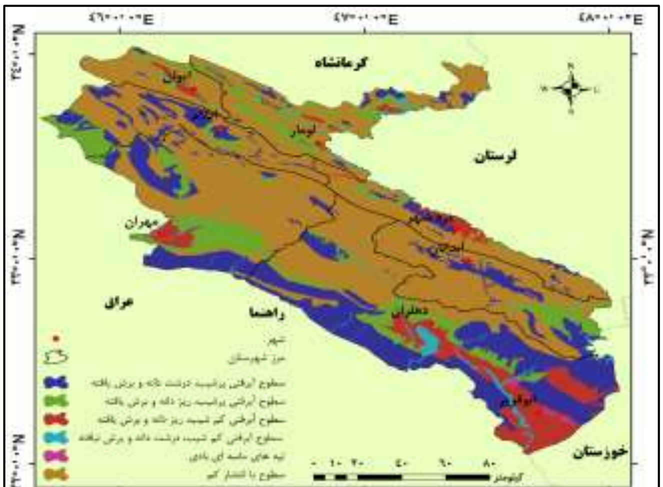
۳-۱- انواع کلاس‌های ژئومورفولوژی در استان ایلام

از ۱۷ کلاس ژئومورفیک شناسایی شده توسط بولارد و همکاران (۲۰۱۱)، ٦ کلاس در استان ایلام وجود دارد (جدول ۳). سطوح با انتشار کم (۷) که طبق طبقه‌بندی PDS مشخص شده‌اند، بخش‌های وسیعی (٥٤٪) از شمال، نواحی مرکزی و شرق استان ایلام را پوشش می‌دهند و شامل نواحی کوهستانی، پرتگاه‌ها و صخره‌های سنگی و رسوبات کوه‌رفتی می‌شوند (شکل ۳). دو سیستم آبرفتی کم شیب و پرشیب که معمولاً در مجاورت هم قرار دارند به‌صورت گسترده‌ای در جنوب و غرب منطقه مشاهده می‌شوند. البته نواحی کوچکی از این نوع ژئومورفولوژی که شامل دشت‌های میانکوهی هست به‌صورت پراکنده در سایر بخش‌های استان ایلام (نواحی کوهستانی) وجود دارد. سیستم‌های آبرفتی پرشیب (۲a و ۲c) درمجموع حدود ٣٦٪ از مساحت منطقه مورد مطالعه را در بر می‌گیرند که

شـامل عوارضـی مانند شیب‌های پایکوهی (پدیمنت[۱]) و مخروط‌افکنه است. درحالی‌که سیستم‌های آبرفتی کم شیب (۳c و ۳d) مسـاحت کمتری (۱۰٪) را می‌پوشانند و حاوی دشت‌های آبرفتی وسیع، دشت‌های سیلابی، رودخانه‌های دائمی و رودهای فصـلی هستند. کوچک‌ترین نوع ژئومورفولوژی ازنظر وسعت سیستم‌های بادی (۵b) هست که در جنوب استان ایلام واقع شده است و دارای تپه‌های ماسه‌ای درشت‌دانه هست.

جدول۳- کلاس‌های مختلف ژئومورفولوژی در استان ایلام

کلاس‌های ژئومورفولوژی	کد	مساحت (km^2)	مساحت(%)
سطوح آبرفتی پرشیب، درشت‌دانه و برش‌یافته[۲]	2a	٤٦٠٤/٩	۲۳
سطوح آبرفتی پرشیب، ریزدانه و برش‌یافته[۳]	2c	۲٥۹٥/۳٤	۱۳
سطوح آبرفتی کم شیب، ریزدانه و برش‌یافته[٤]	3c	۱٦٥۹/۲۹	۸
سطوح آبرفتی کم شیب، درشت‌دانه و برش‌نیافته[٥]	3d	٤٤٦/۷٥	۲
تپه‌های ماسه‌ای بادی[٦]	5b	٤۲/٤۲	۰/۲
سطوح با انتشار کم[۷]	7	۱۰۷۲۸/٤٥	٥۳/۸
جمع		۲۰۰۷۷/۱٥	۱۰۰



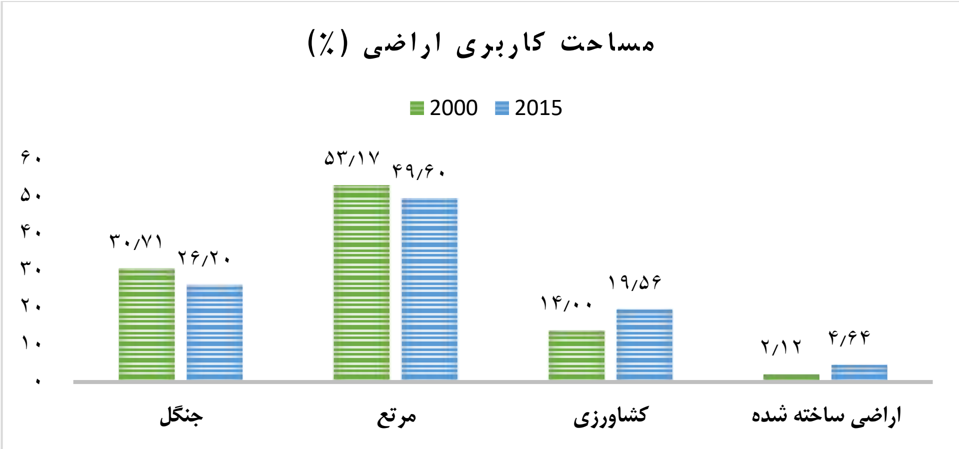
شکل ۳- کلاس‌های ژئومورفولوژی بر اساس طبقه‌بندی بولارد و همکاران (۲۰۱۱)

1 Piedmont
2 High relief alluvial, armoured, incised
3 High relief alluvial, unarmoured, incised
4 Low relief alluvial, unarmoured, incised
5 Low relief alluvial, unarmoured, unincised
6 Aeolian sand dunes
7 Low emission surfaces

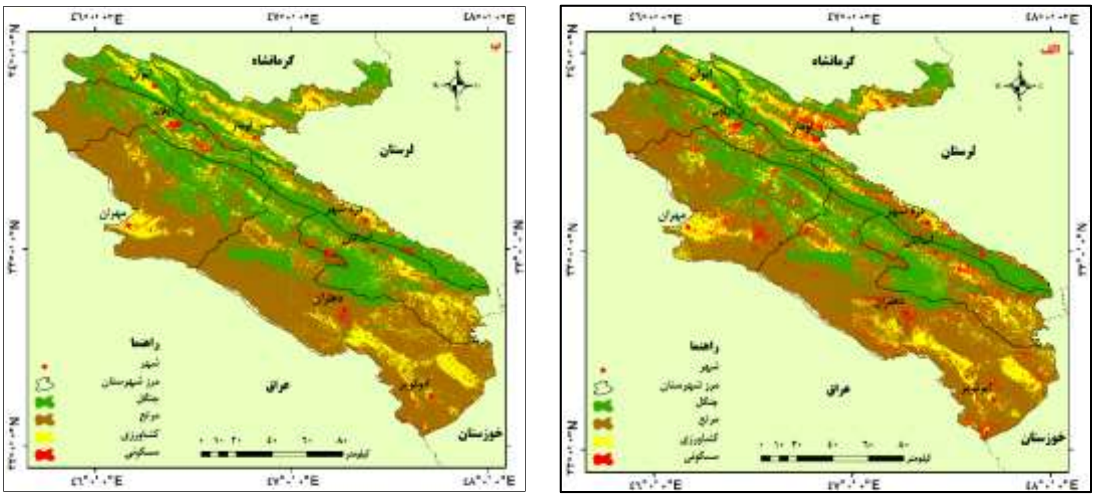
۳-۲- انواع کاربری اراضی در استان ایلام (سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵)

کاربری اراضی در این پژوهش به چهار نوع کلی شامل: نواحی جنگلی، مرتعی، کشاورزی و اراضی ساخته‌شده طبقه‌بندی گردید. با بررسی کاربری اراضی در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ نتایج نشان داد که بزرگ‌ترین ناحیه در سال ۲۰۰۰ ناحیه مرتعی بود که حدود ۱۰۷۳۲ کیلومترمربع وسعت داشته است و ۵۳/۱۷٪ از مساحت کل منطقهٔ مورد بررسی را پوشانده است. این کاربری غالباً در حاشیه غربی و جنوبی استان ایلام دیده می‌شود و در سایر مناطق به‌صورت پراکنده وجود دارد. در این سال (۲۰۰۰) بعد از اراضی مرتعی، اراضی جنگلی با پوشاندن ۳۰/۷۱٪ از مساحت منطقهٔ مورد مطالعه دومین نوع کاربری اراضی ازنظر وسعت هست؛ یعنی حدود ٦١٢٧ کیلومترمربع از مساحت منطقهٔ مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است. اراضی جنگلی ارتفاعات واقع در قسمت میانی منطقهٔ مورد مطالعه با روند شمال غربی – جنوب شرقی را پوشانده‌اند. اراضی کشاورزی که به‌صورت پراکنده در بخش‌های مختلف استان دیده می‌شوند حدود ۲۷۹۲ کیلومترمربع وسعت داشته است که ١٤٪ از مساحت استان ایلام را دربرگرفته‌اند. در سال ۲۰۰۰ کمترین میزان کاربری مربوط به اراضی ساخته‌شده بوده که ۲/۱۲٪ از مساحت منطقهٔ مورد مطالعه یعنی حدود ٤٢٤ کیلومترمربع را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ٤ و ٥).

در سال ۲۰۱۵ تغییر و تحولاتی در ارتباط با تغییر کاربری اراضی به وجود آمده است، اما ترتیب وسعت کاربری‌های اراضی مانند سال ۲۰۰۰ هست. در سال ۲۰۱۵ نیز بزرگ‌ترین ناحیه به کاربری مرتعی اختصاص دارد که حدود ۱۰۰۲۲ کیلومترمربع وسعت داشته است و ٤٩/٦٪ از مساحت کل منطقهٔ مورد بررسی را پوشانده است، اما نسبت به سال ۲۰۰۰ وسعت آن کاهش‌یافته است. اراضی جنگلی در سال ۲۰۱۵ حدود ۵۲۲۸ کیلومترمربع از مساحت منطقهٔ مورد مطالعه که برابر با ٢٦/٢٪ از مساحت منطقه هست را دربرگرفته است این کاربری نیز مانند کاربری مرتعی از وسعت آن کاسته شده است. اراضی کشاورزی ١٩/٥٦٪ از مساحت منطقهٔ مورد مطالعه یعنی حدود ۳۸۹۹ کیلومترمربع را به خود اختصاص داده است. این نوع کاربری در سال ۲۰۱۵ نسبت به سال ۲۰۰۰ افزایش قابل‌ملاحظه‌ای داشته است. کاربری اراضی ساخته‌شده در این سال ٤/٦٤٪ از مساحت منطقهٔ مورد بررسی یعنی ۹۲۷ کیلومترمربع را به خود اختصاص داده است که روند آن نیز افزایشی بوده است. به‌طورکلی در سال ۲۰۱۵ نسبت به سال ۲۰۰۰ وسعت اراضی جنگلی و مرتعی کاهش‌یافته است؛ درحالی‌که وسعت اراضی کشاورزی و اراضی ساخته‌شده افزایش‌یافته است (شکل ٤ و ٥).



شکل ٤- درصد مساحت انواع مختلف کاربری اراضی در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵.

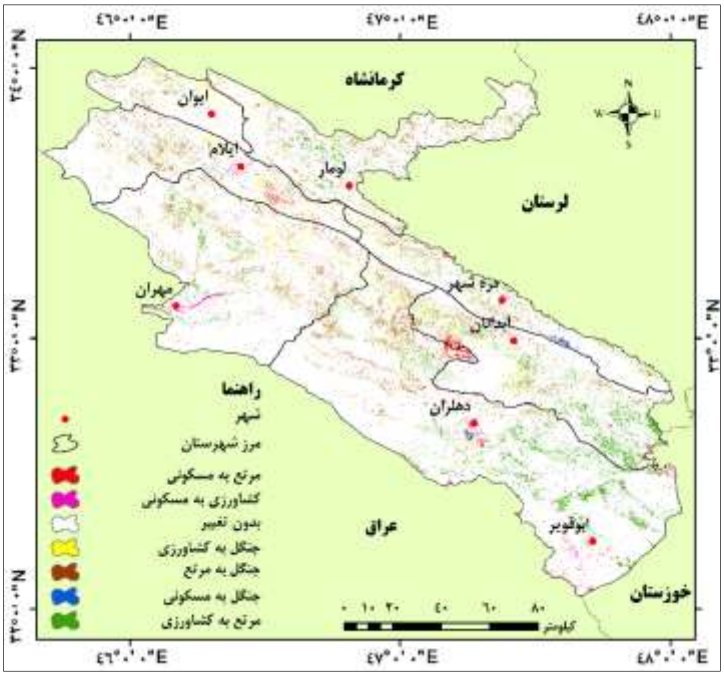


شکل ٥- کاربری اراضی استان ایلام در سال ۲۰۰۰ (الف) و سال ۲۰۱۵ (ب)

۳-۳- وضعیت تغییر کاربری اراضی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵

نتایج آشکارسازی تغییرات و مقایسه دو نقشهٔ کاربری اراضی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ نشان داد که در طی این بازه زمانی ۱۵ ساله تقریباً در ۹۱٪ از اراضی منطقهٔ مورد مطالعه تغییر کاربری اراضی صورت نگرفته است. بااین‌وجود طی بازه زمانی موردنظر، منطقهٔ مورد مطالعه دستخوش تغییراتی در زمینه کاربری اراضی شده است (شکل ٦ و جدول ٤). بیشترین تغییرات عمدتاً شامل تخریب جنگل‌ها و تبدیل آن به اراضی مرتعی و همچنین اراضی مرتعی به کشاورزی است. در این دوره به میزان ٦۰۹ کیلومترمربع از اراضی جنگلی به مرتعی تبدیل‌شده‌اند که معادل با ۳/۰۳٪

از کل مســاحت منطقهٔ مورد مطالعه اســت. علاوه بر این بخش دیگری از جنگل‌ها تخریب و اراضــی کشــاورزی و اراضــی ساخته‌شده تبدیل شده‌اند؛ این تغییرات حدود ۱/٤٤٪ (۲۳٤ کیلومترمربع) از کل مساحت منطقهٔ مورد بررسی را در برمی‌گیرد. از ســال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ اراضــی مرتعی نیز به‌طور گســترده‌ای دچار تخریب و تغییر کاربری اراضــی شــده‌اند. به‌عنوان نمونه به میزان ۵۷۹ کیلومترمربع از اراضــی جنگلی که معادل با ۲/۹٪ از کل مســاحت منطقهٔ مورد مطالعه اســت، به اراضی کشاورزی تبدیل شده‌اند. علاوه بر این حدود ۱۳۱ کیلومترمربع از مراتع استان ایلام به اراضی ســاخته‌شــده تبدیل شده‌اند که برابر با ۰/٦٦٪ از کل مساحت این استان است. بخش کوچکی از اراضی کشاورزی به اراضی ساخته‌شده تغییر کاربری داده‌اند که حدود ۵۵ کیلومترمربع (۰/۲۷٪) است (شکل ٦ و جدول ٤).



شکل ٦- طبقات مختلف تغییر کاربری اراضی.

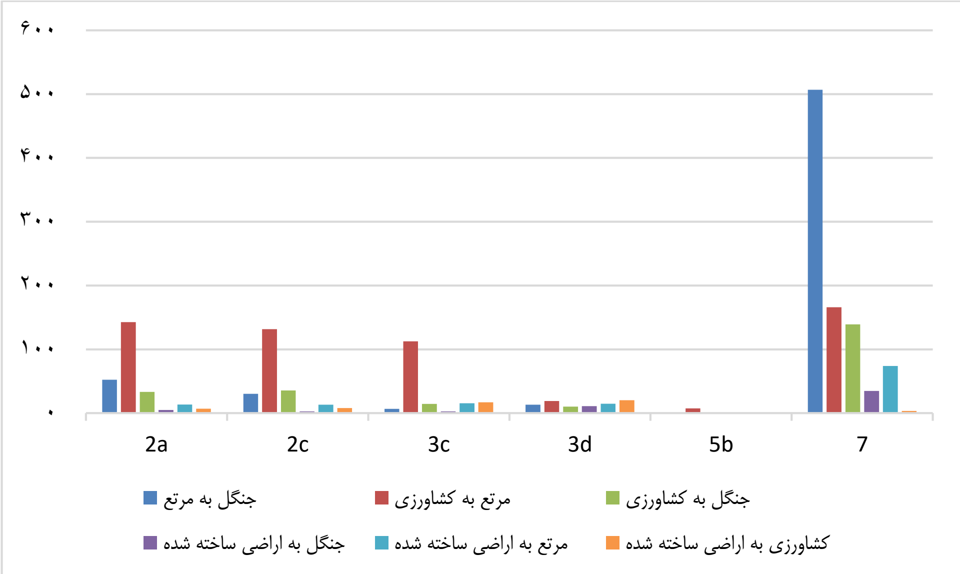
جدول ٤- مساحت طبقات مختلف تغییرات کاربری اراضی

انواع تغییر کاربری اراضی	مساحت(km^2)	مساحت(%)
بدون تغییر	۱۸٤۱۱/۸۳	۹۱/۷
جنگل به مرتع	٦۰۹/٦۲	۳/۰۳
مرتع به کشاورزی	۵۷۹/۵٤	۲/۹
جنگل به کشاورزی	۲۳۲/۸۱	۱/۱٦
جنگل به اراضی ساخته‌شده	۵٦/٦	۰/۲۸

انواع تغییر کاربری اراضی	مساحت(km^2)	مساحت(%)
مرتع به اراضی ساخته‌شده	۱۳۱/۱۸	۰/٦٦
کشاورزی به اراضی ساخته‌شده	٥٥/٥۷	۰/۲۷
جمع	۲۰۰۷۷/۱٥	۱۰۰

۳-٤- وضعیت تغییر کاربری اراضی در کلاس‌های مختلف ژئومورفولوژی

وضـعیت تغییر کاربری اراضی در کلاس‌های مختلف ژئومورفولوژی نشان می‌دهد که در کلاس ۲a هر هفت نوع تغییر کاربری اتفاق افتاده اسـت. بیشـترین وسـعت تغییر کاربری اراضـی در این کلاس (۲a) مربوط به طبقه مرتع به کشاورزی است که حدود ۱٤۲ کیلومترمربع (٥٦٪) از تغییرات صورت‌گرفته در این کلاس ژئومورفولوژی را به خود اختصـاص داده اسـت (شکل ۷). در کلاس ۲c نیز هر هفت تغییر کاربری اراضی که در انتشار گردوغبار مؤثر هستند رخ‌داده اسـت، اما بیشـترین تغییرات عمدتاً شـامل تخریب مراتع و تبدیل آن به اراضـی کشـاورزی است. میزان این تغییرات در کلاس ۲ c حدود ۱۳۱ کیلومترمربع (٥۹٪) از کل تغییرات صـــورت‌گرفته در این کلاس ژئومورفولوژی اسـت (شکل ۷). در کلاس ۳c نیز مانند دو کلاس ۲a و ۲c هفت نوع تغییر کاربری اراضی مشاهده می‌شود که مجدداً در این کلاس بیشترین تغییرات مربوط به تخریب مراتع و تبدیل آن‌ها به اراضی کشاورزی است. در این کلاس حدود ۱۱۲ کیلومترمربع از اراضـی مرتعی به کشـاورزی تبدیل شده‌اند که معادل ٦٦٪ از کل تغییرات کاربری در این کلاس ژئومورفولوژی است (شکل ۷). در کلاس ۳d نیز هفت نوع تغییر کاربری اراضی صورت‌گرفته است اما برخلاف سایر کلاس‌های ژئومورفولوژی، تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای در میزان تغییرات کاربری اراضی وجود ندارد. به‌عبارت‌دیگر در این کلاس (۳d) هر هفت نوع تغییر کاربری اراضـی به میزان یکسانی اتفاق افتاده است (شکل ۷). در کلاس ٥b فقط یک نوع تغییر کاربری اراضـی صـورت‌گرفته اسـت و حدود ۷ کیلومترمربع از اراضـی مرتعی در این کلاس به اراضـی کشـاورزی تبدیل‌شده‌اند (شکل ۷). در کلاس ۷ که شامل مناطق کوهستانی و ارتفاعات هست نیز هر هفت نوع تغییر کاربری اراضـی رخ‌داده اسـت اما برخلاف سـایر کلاس‌های ژئومورفولوژی در این کلاس بیشـترین تغییرات کاربری مربوط به تخریب اراضی جنگلی و تبدیل آن‌ها به اراضی مرتعی است. این تغییرات حدود ٥۰٦ کیلومترمربع است که معادل ٥٤٪ از کل تغییرات کاربری در کلاس ۷ اسـت (شکل ۷). در این کلاس (۷) تبدیل مراتع و جنگل‌ها به اراضی کشـاورزی نیز به‌صورت قابل‌ملاحظه‌ای به چشم می‌خورد. به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد در اکثر کلاس‌های ژئومورفولوژی به‌اسـتثنای کلاس ۷، تخریب مراتع و تبدیل آن‌ها به اراضی کشاورزی باعث شده است پتانسیل انتشار گردوغبار این کلاس‌ها افزایش یابد. کلاس ۷ هرچند که ازنظر ژئومورفولوژی پتانسـیل کمی در انتشار گردوغبار دارد اما تخریب جنگل‌های این کلاس و تبدیل آن‌ها به مراتع و سایر کاربری‌ها زمینه را برای انتشار گردوغبار تسهیل کرده است.



شکل ۷- وضعیت تغییر کاربری اراضی در کلاس‌های مختلف ژئومورفولوژی

در این پژوهش برای تهیه نقشه ژئومورفولوژی از طرح طبقه‌بندی ژئومورفیک خاستگاه‌های گردوغبار ترجیحی (PDS) بولارد و همکاران (۲۰۱۱) استفاده شد. طرح خاستگاه‌های گردوغبار ترجیحی از طریق رسوب‌شناسی، ویژگی‌های خاک، ذخیره و موجودی رسوب به طبقه‌بندی سطح زمین باتوجه‌به پتانسیل متفاوتشان در انتشار گردوغبار می‌پردازد. به‌طورکلی ویژگی‌های سطحی کلاس‌های ژئومورفولوژی حساسیت طبقات ژئومورفولوژی در مقابل فرسایش بادی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند. بر اساس طرح PDS کلاس ۲a که شامل پدیمنت‌ها و مخروط‌افکنه‌ها است به دلیل جور شدگی ضعیف[1] رسوبات، مقدار سیلت کم و وجود رسوبات و سطوح درشت‌دانه که زبری سطح را افزایش و پتانسیل بادی را کاهش می‌دهد، پتانسیل کمی در انتشار گردوغبار دارند. در مقابل، کلاس ۲c به دلیل اینکه حاوی رسوبات ریزدانه است پتانسیل متوسطی در انتشار گردوغبار دارند. در این سطوح به‌ویژه وقتی رسوبات ریزدانه توسط سیلاب‌ها بیشتر شود پتانسیل انتشار گردوغبار نیز افزایش می‌یابد (رهایس[2]، ۲۰۰۶؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۸). در این طرح آمده است کلاس ۳c که شامل دشت‌های آبرفتی است امکان دارد حاوی گراول‌هایی[3] باشند که می‌تواند باعث زبری سطح شوند و درنتیجه پتانسیل انتشار گردوغبار در این سطوح را کاهش دهد. در مقابل، کلاس ۳d که شامل دشت‌های سیلابی هستند به دلیل وجود ذرات رسوبی ریزدانه پتانسیل متوسطی در انتشار گردوغبار دارند. در این سطوح اگر ذخایر رسوبات ریزدانه توسط سیلاب‌ها بیشتر شود و پوشش گیاهی پراکنده وجود داشته

1 Poor sorting
2 Reheis
3 Gravels

باشـد پتانسـیل انتشـار گردوغبار افزایش می‌یابد (مکتینش و اسـترانگ[1]، ۲۰۰۷). بر اسـاس طرح PDS کلاس 5b که حاوی تپه‌های ماسـه‌ای اسـت دارای پتانسـیل متوسـطی در انتشـار گردوغبار اسـت. تپه‌های ماسه‌ای فعال، جوان یا کوچک[2] چون حاوی ذرات ریزدانه کمی هسـتند پتانسـیل کمی در انتشـار گردوغبار دارند اما تپه‌های ماسه‌ای بزرگ، باثبات‌تر و قدیمی‌تر[3] ممکن اسـت ذرات ریزتری را در سـاختار تپه جمع کنند لذا پتانسیل بالایی در انتشار گردوغبار دارند. در کلاس ۷ که شـامل کوه‌های مرتفع و کم‌ارتفاع هسـتند به دلیل اینکه ذخایر رسـوبی وجود ندارد یا رسوبات ریزدانه در دسـترس نیسـت، بنابراین انتشـار گردوغبار نیز کم اسـت (بولارد و همکاران، ۲۰۱۱). این سطوح مگر در معرض تغییر کاربری اراضی قرار بگیرند و گردوغبار کمی تولید کنند.

مناطقی که در معرض تغییر کاربری اراضـی قرار گرفته، بیشـتر پتانسیل انتشار گردوغبار را دارند؛ زیرا فعالیت‌های آنتروپوژنیـک باعث کاهش پوشـــش گیاهی و تخریب خاک شـــده و درنتیجه پایداری خاک این محیط‌ها در مقابل فرسایش بادی را کاهش می‌دهد (هیلد و سپراکلن[4]، ۲۰۱۵؛ دیو[5] و همکاران، ۲۰۱۸؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۸؛ تان[6] و همکاران، ۲۰۱٤) علاوه بر این در چنین محیط‌هایی نه‌تنها خاکی که تازه در معرض فرســایش باد قرار گرفته، حاوی ذرات ریز (سیلت) زیادی است (ژنگ[7] و همکاران، ۲۰۱٦) بلکه به‌سرعت آستانه باد کمتری نیز برای حمل این ذرات نیاز دارد (تگن[8] و همکاران، ۲۰۰٤). باتوجه‌به مطالبی که در بالا ذکر شـد، اصولاً گردوغبار از عوارض ژئومورفولوژی که غنی از رسـوبات آبرفتی (رسـوبات ریزدانه) هسـتند منشـأ می‌گیرد (هانبرگر و نیکول[9]، ۲۰۱٤). اگر این عوارض دارای پوشـش گیاهی مرتعی فقیر و اراضـی کشـاورزی باشند برای تولید گردوغبار مستعدتر هستند زیرا در این نوع مراتع، تراکم پوشش گیاهی کم و خاک لخت محافظت نشده، پتانسیل انتشار گردوغبار را افزایش می‌دهد (انگلستادر[10] و همکاران، ۲۰۰۳) و در اراضـی زراعی نیز اقدامات کشـاورزی با تخریب سـطح زمین، پایداری خاک را در مقابل فرسـایش بادی کاهش و به‌طور مؤثری وجود ذرات ریزدانه برای انتشار گردوغبار را افزایش می‌دهند (کانداکجی[11] و همکاران ۲۰۲۰؛ ژنگ و همکاران، ۲۰۱٦؛ لی[12] و همکاران، ۲۰۰۹).

1 McTainsh & Strong
2 Active, young or small sand dunes
3 More stable or older
4 Heald & Spracklen
5 Du
6 Tan
7 Zheng
8 Tegen
9 Hahnenberger & Nicoll
10 Engelstaedter
11 Kandakji
12 Lee

نتایج این پژوهش نیز نشـان داد در اکثر کلاس‌های ژئومورفولوژی مهم‌ترین تغییر کاربری که صورت‌گرفته است تغییر کاربری از مرتع به کشاورزی بوده است. هرچند ازنظر ژئومورفولوژی کلاس‌های ۲a و ۳c و ۷ پتانسیل کمی در انتشـار گردوغبار دارند؛ بنابراین تخریب مراتع و تبدیل آن‌ها به اراضـی کشـاورزی نه‌تنها در این سـه کلاس، بلکه در سـایر کلاس‌های ژئومورفولوژی باعث شـده اسـت پتانسـیل انتشار گردوغبار این کلاس‌ها افزایش یابد. همان‌طور که اشـاره شد کلاس ۷ ازنظر ژئومورفولوژی پتانسیل کمی در انتشار گردوغبار دارد و مهم‌ترین تغییر کاربری که در این کلاس اتفاق افتاده اسـت تبدیل جنگل‌ها به مراتع اسـت، لذا تخریب گسـترده جنگل‌های این کلاس و تبدیل آن‌ها به مراتع و سایر کاربری‌ها زمینه را برای انتشار گردوغبار تسهیل کرده است.

٤- جمع‌بندی

این پژوهش پتانسـیل انتشار گردوغبار کلاس‌های ژئومورفولوژی استان ایلام با تأکید بر تغییرات کاربری اراضی را ارزیابی کرد. در اسـتان ایلام ٦ کلاس ژئومورفولوژی بر اسـاس طرح طبقه‌بندی ژئومورفیک خاسـتگاه‌های گردوغبار ترجیحی (PDS) بولارد و همکاران (۲۰۱۱) شناسایی شد. این کلاس‌های ژئومورفولوژی که پتانسیل متفاوتی در انتشار گردوغبار دارند، عبارت‌اند از: کلاس ۲a (پتانسیل کم)، ۲c (پتانسیل متوسط)، ۳c (پتانسیل کم)، ۳d (پتانسیل متوسط)، ٥b (پتانسـیل کم تا زیاد) و ۷ (پتانسـیل کم). نتایج این پژوهش نشان داد در اکثر کلاس‌های ژئومورفولوژی مهم‌ترین تغییر کاربری که صورت‌گرفته، تغییر کاربری از مرتع به کشاورزی بوده است. هرچند ازنظر ژئومورفولوژی کلاس‌های ۲a و ۳c و ۷ پتانسـیل کمی در انتشـار گردوغبار دارند؛ اما تخریب مراتع و تبدیل آن‌ها به اراضی کشاورزی نه‌تنها در این سـه کلاس، بلکه در سـایر کلاس‌های ژئومورفولوژی باعث شـده اسـت پتانسـیل انتشـار گردوغبار این کلاس‌ها افزایش یابد. به‌طورکلی می‌توان گفت که تغییر کاربری اراضـی در هر حالتی شـرایط را برای تولید گردوغبار تسـهیل می‌کند؛ چون با این نوع فعالیت‌ها جنگل‌ها، مراتع و زمین‌های کشـاورزی تخریب می‌شوند و خاک و پوشش گیاهی آن‌ها تا شعاع قابل‌ملاحظه‌ای آسیب می‌بینند که با وزش باد شرایط را برای انتشار گردوغبار فراهم می‌کنند.

کتابنامه

بوچانی، محمدحسین؛ فاضلی، داریوش؛ ۱۳۹۰. چالش‌های زیست‌محیطی و پیامدهای ناشی از آن ریزگردها و پیامدهای آن در غرب کشور ایران. *فصلنامه ره‌نامه سیاستگذاری سیاسی*. دفاعی و امنیتی. سال ۲. شماره ۳. ۱۲۵–۱۴۵. https://www.magiran.com/paper/1080323

طائی سمیرمی، سیاوش؛ مرادی، حمیدرضا؛ خداقلی، مرتضی؛ احمدی آخورمه، مریم؛ ۱۳۹۲. شناخت و بررسی عوامل مؤثر بر پدیده گردوغبار در غرب ایران. *فصلنامه انسان و محیط‌زیست*. دوره ۱۱. شماره ٤. ۱–۱۰. https://he.srbiau.ac.ir/article_3276.html?lang=fa

Ahmadi-Molaverdi, M., Jabbari, I., Fathnia, A. 2021. Relationship Between Land Use Changes and the Production of Dust Sources in Kermanshah Province, Iran. Chinese Geographical Science, 31(6), 1057-1069. https://doi.org/10.1007/s11769-021-1235-3

Azizi, G., Shamsipour, A., Miri, M., Safarrad, T. 2012. Synoptic and remote sensing analysis of dust events in southwestern Iran. Natural hazards, 64(2), 1625-1638. https://doi.org/10.1007/s11069-012-0328-9

Baddock, M. C., Bullard, J. E., Bryant, R. G. 2009. Dust source identification using MODIS: a comparison of techniques applied to the Lake Eyre Basin, Australia. Remote Sensing of Environment, 113(7), 1511-1528. https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.03.002

Baddock, M. C., Gill, T. E., Bullard, J. E., Acosta, M. D., Rivera Rivera, N. I. 2011. Geomorphology of the Chihuahuan Desert based on potential dust emissions. Journal of Maps, 7(1), 249-259. https://doi.org/10.4113/jom.2011.1178

Baddock, M. C., Ginoux, P., Bullard, J. E., Gill, T. E. 2016. Do MODIS-defined dust sources have a geomorphological signature?. Geophysical Research Letters, 43(6), 2606-2613. https://doi.org/10.1002/2015GL067327

Baghbanan, P., Ghavidel, Y., Farajzadeh, M. 2021. Spatial Analysis of the Temporal Long-Term Variations in Frequency of Dust Storm Days in Iran. Pure and Applied Geophysics, 178(10), 4181-4194. https://doi.org/10.1007/s00024-021-02820-0

Boloorani, A. D., Kazemi, Y., Sadeghi, A., Shorabeh, S. N., Argany, M. 2020. Identification of dust sources using long term satellite and climatic data: A case study of Tigris and Euphrates basin. Atmospheric Environment, 224, 117299. https:// doi.org/ 10.1016/ j.atmosenv. 2020. 117299

Boloorani, A. D., Nabavi, S. O., Bahrami, H. A., Mirzapour, F., Kavosi, M., Abasi, E., Azizi, R. 2014. Investigation of dust storms entering Western Iran using remotely sensed data and synoptic analysis. Journal of Environmental Health Science and Engineering, 12(1), 124. https://doi.org/10.1186/s40201-014-0124-4

Broomandi, P., Karaca, F., Guney, M., Fathian, A., Geng, X., Kim, J. R. 2021. Destinations frequently impacted by dust storms originating from southwest Iran. Atmospheric Research, 248, 105264. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105264

Bullard, J. E., Harrison, S. P., Baddock, M. C., Drake, N., Gill, T. E., McTainsh, G., Sun, Y. 2011. Preferential dust sources: A geomorphological classification designed for use in global dust-cycle models. Journal of Geophysical Research: Earth Surface, 116(F4). https:// doi.org/ 10.1029/2011JF002061

Du, H., Wang, T., Xue, X., Li, S. 2018. Modelling of sand/dust emission in Northern China from 2001 to 2014. Geoderma, 330, 162-176. https:// doi.org/ 10.1016/ j.geoderma. 2018. 05.038

Engelstaedter, S., Kohfeld, K. E., Tegen, I., Harrison, S. P. 2003. Controls of dust emissions by vegetation and topographic depressions: An evaluation using dust storm frequency data. Geophysical Research Letters, 30(6). https://doi/abs/10.1029/2002GL016471

Engelstaedter, S., Tegen, I., Washington, R. 2006. North African dust emissions and transport. Earth-Science Reviews, 79(1-2), 73-100. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2006.06.004

Gerivani, H., Lashkaripour, G. R., Ghafoori, M., Jalali, N. 2011. The source of dust storm in Iran: a case study based on geological information and rainfall data. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 6, 297-308. https:// profdoc.um.ac.ir/ articles/ a/1019133.pdf

Hahnenberger, M., Nicoll, K. 2014. Geomorphic and land cover identification of dust sources in the eastern Great Basin of Utah, USA. Geomorphology, 204, 657-672. https:// doi.org/ 10.1016/ j.geomorph.2013.09.013

Hamidi, M., Kavianpour, M. R., Shao, Y. 2013. Synoptic analysis of dust storms in the Middle East. Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences, 49(3), 279-286. https:// doi.org/10.1007/s13143-013-0027-9

Hamzeh, N. H., Kaskaoutis, D. G., Rashki, A., Mohammadpour, K. 2021. Long-Term Variability of Dust Events in Southwestern Iran and Its Relationship with the Drought. Atmosphere, 12(10), 1350. https://doi.org/10.3390/atmos12101350

Heald, C. L., Spracklen, D. V. 2015. Land use change impacts on air quality and climate. Chemical reviews, 115(10), 4476-4496. http://dx.doi.org/10.1021/cr500446g

Huang, M., Peng, G., Zhang, J., Zhang, S. 2006. Application of artificial neural networks to the prediction of dust storms in Northwest China. Global and Planetary change, 52(1-4), 216-224. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.02.006

Kandakji, T., Gill, T. E., Lee, J. A. 2020. Identifying and characterizing dust point sources in the southwestern United States using remote sensing and GIS. Geomorphology, 353, 107019. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.107019

Klingmüller, K., Pozzer, A., Metzger, S., Stenchikov, G. L., Lelieveld, J. 2016. Aerosol optical depth trend over the Middle East. Atmospheric Chemistry and Physics, 16(8), 5063–5073. https://doi.org/10.5194/acp-16-5063-2016

Lee, J. A., Gill, T. E., Mulligan, K. R., Acosta, M. D., Perez, A. E. 2009. Land use/land cover and point sources of the 15 December 2003 dust storm in southwestern North America. Geomorphology, 105(1-2), 18-27. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.12.016

McTainsh, G., Strong, C. 2007. The role of aeolian dust in ecosystems. Geomorphology, 89(1-2), 39-54. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.07.028

Mei, D., Xiushan, L., Lin, S., Ping, W. A. N. G. 2008. A dust-storm process dynamic monitoring with multi-temporal MODIS data. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37. https:// www. isprs. org/ proceedings/ XXXVII/ congress/7_pdf/5_WG-VII-5/39.pdf

Miri, A., Ahmadi, H., Ekhtesasi, M. R., Panjehkeh, N., Ghanbari, A. 2009. Environmental and socio-economic impacts of dust storms in Sistan Region, Iran. International journal of environmental studies, 66(3), 343-355. https://doi.org/10.1080/00207230902720170

Moridnejad, A., Karimi, N., Ariya, P. A. 2015. Newly desertified regions in Iraq and its surrounding areas: Significant novel sources of global dust particles. Journal of Arid Environments, 116, 1-10. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.01.008

Moulin, C., Chiapello, I. 2006. Impact of human-induced desertification on the intensification of Sahel dust emission and export over the last decades. Geophysical Research Letters, 33(18). https://doi/pdf/10.1029/2006GL025923

Munkhtsetseg, E., Shinoda, M., Ishizuka, M., Mikami, M., Kimura, R., Nikolich, G. 2017. Anthropogenic dust emissions due to livestock trampling in a Mongolian temperate grassland.

Atmospheric Chemistry and Physics, 17(18), 11389. https://doi.org/10.5194/acp-17-11389-2017

Notaro, M., Yu, Y., Kalashnikova, O. V. 2015. Regime shift in Arabian dust activity, triggered by persistent Fertile Crescent drought. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 120(19), 10-229. https://doi/pdf/10.1002/2015JD023855

Parajuli, S. P., Yang, Z. L., Kocurek, G. 2014. Mapping erodibility in dust source regions based on geomorphology, meteorology, and remote sensing. Journal of Geophysical Research: Earth Surface, 119(9), 1977-1994. https://doi/pdf/10.1002/2014JF003095

Philip, S., Martin, R. V., Snider, G., Weagle, C. L., van Donkelaar, A., Brauer, M., ... & Zhang, Q. 2017. Anthropogenic fugitive, combustion and industrial dust is a significant, underrepresented fine particulate matter source in global atmospheric models. Environmental Research Letters, 12(4), 044018. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa65a4

Qu, J. J., Hao, X., Kafatos, M., Wang, L. 2006. Asian dust storm monitoring combining Terra and Aqua MODIS SRB measurements. IEEE Geoscience and remote sensing letters, 3(4), 484-486. https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1715300

Rashki, A., Kaskaoutis, D. G., Eriksson, P. G., Rautenbach, C. D. W., Flamant, C., Vishkaee, F. A. 2014. Spatio-temporal variability of dust aerosols over the Sistan region in Iran based on satellite observations. Natural hazards, 71(1), 563-585. https://doi.org/10.1007/s11069-013-0927-0

Rashki, A., Middleton, N. J., Goudie, A. S. 2021. Dust storms in Iran–Distribution, causes, frequencies and impacts. Aeolian Research, 48, 100655. https:// doi.org/ 10.1016/ j.aeolia.2020.100655

Ravi, S., D'Odorico, P., Huxman, T. E., Collins, S. L. 2010. Interactions between soil erosion processes and fires: implications for the dynamics of fertility islands. Rangeland Ecology & Management, 63(3), 267-274. https://doi.org/10.2111/REM-D-09-00053.1

Reheis, M. C. 2006. A 16-year record of eolian dust in Southern Nevada and California, USA: Controls on dust generation and accumulation. Journal of Arid Environments, 67(3), 487-520. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.03.006

Tan, M., Li, X., Xin, L. 2014. Intensity of dust storms in China from 1980 to 2007: A new definition. Atmospheric environment, 85, 215-222. https:// doi.org/ 10.1016/ j.atmosenv. 2013. 12.010

Tegen, I., Werner, M., Harrison, S. P., Kohfeld, K. E. 2004. Relative importance of climate and land use in determining present and future global soil dust emission. Geophysical research letters, 31(5). https://doi/pdf/10.1029/2003GL019216

Wang, X., Cai, D., Chen, S., Lou, J., Liu, F., Jiao, L., ... & Che, H. 2021. Spatio-temporal trends of dust emissions triggered by desertification in China. Catena, *200*, 105160. https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105160

Wang, X., Cheng, H., Che, H., Sun, J., Lu, H., Qiang, M., ... & Lang, L. 2017. Modern dust aerosol availability in northwestern China. Scientific reports, 7(1), 1-8. https:// doi.org/ 10.1038/s41598-017-09458-w

Wang, X., Liu, J., Che, H., Ji, F., Liu, J. 2018. Spatial and temporal evolution of natural and anthropogenic dust events over northern China. *Scientific Reports*, *8*(1), 1-9. https:// doi.org/ 10.1038/s41598-018-20382-5

Wang, X., Xia, D., Wang, T., Xue, X., Li, J. 2008. Dust sources in arid and semiarid China and southern Mongolia: Impacts of geomorphological setting and surface materials. Geomorphology, 97(3-4), 583-600. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.09.006

Wang, Y. Q., Zhang, X. Y., Arimoto, R. 2006. The contribution from distant dust sources to the atmospheric particulate matter loadings at XiAn, China during spring. Science of the Total

Environment, 368(2-3), 875-883. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.03.040

Ward, D. S., Mahowald, N. M., Kloster, S. 2014. Potential climate forcing of land use and land cover change. Atmospheric Chemistry and Physics, 14(23), 12701-12724. https:// doi.org/ 10.5194/ acp-14-12701-2014

Webb, N. P., Herrick, J. E., Duniway, M. C. 2014. Ecological site-based assessments of wind and water erosion: informing accelerated soil erosion management in rangelands. Ecological Applications, 24(6), 1405-1420. https://jornada.nmsu.edu/bibliography/14-027.pdf

Xin-fa, Q., Yan, Z., Qi-long, M. 2001. Sand-dust storms in China: temporal-spatial distribution and tracks of source lands. Journal of Geographical Sciences, 11(3), 253-260. https:// doi.org/ 10.1007/BF02892308

Zheng, Y., Zhao, T., Che, H., Liu, Y., Han, Y., Liu, C., ... & Zhou, Y. 2016. A 20-year simulated climatology of global dust aerosol deposition. Science of The Total Environment, 557, 861-868. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.086

Zhuang, G., Guo, J., Yuan, H., Zhao, C. 2001. Composition, source and grain size fraction of the dust storms in China in 2000 and its influence to the global environments. Chinese Sciences Bulletin, 46, 191-197. https://doi.org/10.1007/BF02900460